

также без помощи эксперта выявлять закономерности о данной предметной области (автоматическое извлечение знаний в режиме обучения).

Предложен индуктивный принцип  $\delta$ РАКЗ-метода, на основе использования которого синтезирована структура оператора индуктивного вывода, который служит процедурой логического вывода  $\delta k$ -знаний.

На базе использования предложенного принципа инженерии квантов знаний создан интерактивный программный комплекс (ИПК) для поддержки принятия решений диспетчером ВУЗа.

**Список литературы:** 1. *Россоха С.В., Соханюк И.Е.* Проблема поддержки принятия диспетчерских решений при планировании расписания учебных занятий в техническом университете// Искусственный интеллект. – 2003. – №4. – С.349 – 356. 2. *Soshnikov D.* An Approach for Creating Distributed Intelligent Systems. // Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Science and Information Technologies. Moscow: Mephi Publishing, 1998. - pp. 129-134. 3. *Сироджа И.Б.* Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – Киев: Наукова думка, 2002. – 420 с.

*Поступила в редколлегию 20.10.05*

УДК 519.816:004.89

**С.В. РОССОХА**

## **ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ СИНТЕЗЕ РАСПИСАНИЙ ЗАНЯТИЙ**

У статті пропонується схема роботи алгоритму синтезу учебного розкладу. Запропонована математична модель учебного розкладу. Приведена схема підтримки прийняття рішення при синтезі учебных розкладів, та її місце в системі синтезу розкладів. Дано опис процесу прийняття рішень диспетчером учебного закладу.

Расписание занятий в образовательном учреждении является одним из важнейших действенных видов планирования учебно–воспитательной работы, основным организационным документом, определяющим работу студенческого и профессорско-преподавательского коллектива, администрации и всего университета.

Процесс составления расписания представляет собой последовательное включение занятий в расписание занятий в определённой последовательности. В большинстве учебных заведениях эта последовательность формируется исходя из внутренних требований, ограничений и сложившейся практики в учебных заведениях. При этом при включении занятия в расписание и его положение в расписании определяются на основе характеристик занятия и выбранных критериев синтеза расписания. По своей сущности, задача

включения занятия в расписание занятий является многокритериальной, так как при её решении приходится учитывать множество различных, а порой и противоречивых критериев (К). Среди критериев можно выделить такие как отсутствие накладок, у преподавателей проводящих занятия и студентов, равномерное распределение нагрузки студентов и преподавателей на учебной неделе и многие другие, отсутствие окон у студентов, критерии которые вытекают из санитарно-гигиенических требований и многие другие.

Следует отметить, что оптимальность расписания также зависит от степени учёта пожеланий (Pr) профессорско-преподавательского состава по составлению расписаний, а также от качества распределения существующего аудиторного фонда между занятиями в расписании.

Из вышеописанного следует, что задача составления расписаний учебных занятий состоит из множества последовательных этапов, на каждом этапе которого решается задача размещения типичных занятий. В зависимости от учебного заведения и особенностей учебного процесса в нем, для каждого учебного заведения последовательность этапов и их число будет различным. Такими этапами могут быть: размещение больших лекционных занятий, размещение специфических лабораторных работ, размещение занятий иностранного языка и другие. На каждом этапе составления расписания занятий приходится решать типичную задачу выбора варианта размещения занятия в расписании занятий и учитывать определённый, а иногда и специфичный для данного этапа, набор критериев  $K^i \in K$ , где  $i$  – номер этапа составления расписания занятий.

Следовательно, каждый этап составления расписаний занятий состоит из набора однотипных задач, для которых характерно, как было замечено, набор локальных критериев. При этом задача выбора варианта размещения занятия в расписании осложняется ещё тем, что трудно спрогнозировать последствия от выбора того, или иного варианта размещения из-за условий неопределённости присущих задачам синтеза учебных заведений.

На основании анализа значительного числа существующих математических моделей задачи синтеза расписания [1, 2, 3] синтезирована модель задачи синтеза расписания учебных занятий, которая представляется девяткой объектов  $\langle G, \langle \cdot \rangle, M, F, R = W \times D \times P, \langle \cdot \rangle', K, O, Pr \rangle$ , где  $G$  – множество этапов синтеза расписаний занятий;  $\langle \cdot \rangle$  – отношение частичного порядка, заданное на множестве  $G$ ;  $\langle M \rangle$  – матрица расписания учебных занятий;  $\langle F \rangle$  – множество аудиторий;  $\langle R \rangle$  – множество временных интервалов, представленное тройкой  $\{w_i, d_j, p_k\}$ , где  $w_i$  – неделя (например, числитель или знаменатель),  $d_j$  – день недели,  $p_k$  – номер занятия;  $\langle \cdot \rangle'$  – отношение частичного порядка, заданное на множестве  $R$ ;  $\langle K \rangle$  – множество критериев оптимальности расписания занятий;  $\langle O \rangle$  – множество ограничений, которое в общем случае состоит из ограничений, наложенных на любые элементы системы;  $\langle Pr \rangle$  – множество пожеланий профессорско-преподавательского

состава. Следует отметить, что отношения частичного порядка «<», «<′» могут быть заданы в виде экспертных знаний хранимых в базе знаний.

Очевидными ограничениями синтеза учебных расписаний являются следующие:

1. Одновременно один и тот же преподаватель не может проводить более одного занятия;
2. Одновременно одна и та же студенческая группа не может участвовать более чем в одном занятии;
3. Число занятий у каждой группы в течение учебного дня не должно отличаться более чем на единицу от заданной нормы (обычно 4). и др.[1, 2, 3]

Задача размещения занятия в расписании представляется, как задача выбора в условиях неопределённости и может быть записана как  $\langle A, OP \rangle$ , где «A» – множество альтернатив; «OP» – принцип оптимальности, который характеризует представление о «качестве» альтернативы при её оценке и выборе. Решением задачи является множество  $A_{OP} \subseteq A$  полученное с помощью принципа оптимальности OP.

Существует множество различных алгоритмов принятия многокритериальных решений. При реализации многокритериального выбора в условиях неопределённости ЛППР обязан осуществить выбор из конечного числа сгенерированных альтернатив, при этом последствия выбора в силу неопределённости не очевидны. Несмотря на широкие исследования в области поддержки принятия решений, до сих пор не найден оптимальный подход к задачам многокритериального выбора в частности и задачам выбора вообще.

Анализ существующих алгоритмов и методов показывает, что все они имеют свои достоинства и недостатки. Для использования существующих алгоритмов и методов в системе поддержки принятия диспетчерских решений необходимо учесть противоречивые требования, предъявляемые к системе составления расписаний, а также характер самой задачи синтеза расписаний.

На практике, для снятия неопределённости используют оценки и знания экспертов предметной области, в случае задач синтеза учебных расписаний такими экспертами могут быть диспетчера работающие над составлением расписаний занятий в учебном заведении и представители профессорско-преподавательского состава участвующие в составлении расписаний занятий[4].

Таким образом, задача размещения занятия в расписании занятий может быть представлена как  $\langle A, Kb \rangle$ , где A – множество альтернатив; Kb – база знаний о предметной области, которая характеризует представление о «качестве» альтернатив, как субъективной оценке эксперта, в нашем случае диспетчера. Таким образом, на основании знаний заложенных в базу знаний

формируется подмножество оптимальных, с точки зрения эксперта, альтернатив  $A_{kb} \subseteq A$ , которое принимается как решение задачи.

Процесс принятия решений можно представить как последовательность шагов[4]: анализ ситуации; генерация возможных вариантов; оценка сгенерированных вариантов; выбор варианта решения.

Для анализа сложившейся ситуации широко применяют методы интеллектуального анализа данных. Эти методы позволяют выявлять скрытые тенденции, взаимосвязи, что позволяет повысить качество принимаемых решений.

Генерация вариантов возможных альтернатив (решений) осуществляется посредством программной реализации аналитических или имитационных моделей средствами экспертных систем. Таким образом, уже на стадии генерации альтернатив, возможно отсеивание неприемлемых, тупиковых вариантов. Генерируемые альтернативы разделяют на неожиданные, т.е. принципиально новые решения и альтернативы, основанные на типовых сценариях, построенные по аналогии, на основе комбинации известных частных решений.

В процессе принятия решения, человек способен рассматривать несколько возможных вариантов и во многих случаях просто не замечает лучший вариант. Для представления сгенерированных альтернатив необходимо их оценить и проранжировать в соответствии с предпочтениями экспертов. Выбор критериев оказывает решающее влияние на результаты оценок и ранг альтернатив. Однако следует заметить, что не всегда удаётся учесть все критерии, при этом оценка альтернатив оказывается не точной, что может привести к принятию неверных (ошибочных решений). Предложено много методов ранжирования, одним из таких методов является метод предполагающий использование отношений предпочтения. Следовательно, оценка возможных альтернатив может быть произведена с использованием оценки экспертов заложенных в базе знаний, которая сформирована на основе индуктивного принципа построения баз знаний.

Таким образом, основополагающим механизмом, который позволяет получать решение задачи размещения занятий в расписание является механизм вывода, позволяющий на основе заложенных в базу знаний суждений, оценок и предпочтений экспертов принимать то или иное решение.

Механизм вывода во многом зависит от модели представления знаний в базе знаний. На сегодняшний день разработано множество различных моделей представления знаний[6, 7, 8], среди которых следует выделить квантовые модели представления знаний. К достоинствам этой модели представления знаний относится строгий математический аппарат, основанный на логике предикатов, теории алгоритмов и векторно-матричных структур. Простота манипулирования знаниями как векторно-матричными структурами. Наличие строгого формализованного механизма вывода и

возможность представления знаний в виде логических сетей вывода решений[7].

В терминах квантовой модели представления знаний, база знаний состоит из квантов (порций знаний), которые в свою очередь состоят из доменов. Домен представляет собой признак объекта принятия решений и состоит из набора его значений. Наличие признака характеризуется единичным значением, а его отсутствие нулевым. Между доменами присутствует логическая связка «И», а между элементами домена логическая связка «ИЛИ»[7]. Таким образом, база знаний представляет собой набор имплицативных и функциональных закономерностей предметной области.

Квантовая модель представления знаний обладает двумя равноценными механизмами вывода – операторным и сетевым. Операторный метод вывода решений основан на последовательном применении характеристической функции, выбирающего оператора и операторов склеивания строк и столбцов[7]. Сетевой механизм вывода предполагает построение графа «И/ИЛИ» обладающего порядковой функцией, такой, что посылочные вершины находятся на первом уровне, а целевые вершины на последнем, между ними находятся промежуточные вершины, которые формируются автоматически при построении сети вывода решений.

Таким образом, можно сделать вывод, что сетевой механизм вывода решений наиболее прозрачен и понятен с точки зрения конечного пользователя (диспетчера), а также механизм вывода на графе легко поддается программной реализации, что делает данный метод вывода наиболее приемлемым для решения задач синтеза расписания.

Становится очевидным, что для решения задач определённого этапа, процесса составления расписания занятий, необходимо: использовать свою, специфическую для каждого этапа базу знаний в связке с общей базой знаний хранящей требования, предъявляемые к расписанию занятий в целом. Это мотивируется наличием специфических критериев и признаков, характерных только для данного этапа. Также использование различных баз знаний позволит максимально сосредоточиться на улучшении частных этапов составления расписания занятий, и даёт возможность, применять, в случае необходимости, отличные от квантовых модели представления знаний.

В рамках исследований был разработан жадный алгоритм[5] построения расписаний учебных занятий. Общая схема работы алгоритма такая:

1. Выбрать очередной этап синтеза расписания.
2. Выбрать очередное занятие из выбранного этапа.
3. Сгенерировать и оценить варианты размещения занятия в расписании с использованием базы знаний;
4. Выбрать оптимальный вариант размещения занятия в расписание.
5. Если не все занятия распределены в расписание, то вернуться к шагу 2.
6. Если не все этапы синтеза расписания пройдены, то вернуться к шагу 1.

Для реализации этой схемы требуется определиться с алгоритмами упорядочивания этапов и занятий в них, хотя возможно и задание порядка следования этапов диспетчером при настройке программного комплекса в зависимости от его симпатий и предпочтений.

**Список литературы:** 1. *Пайкерс В.Г.* Методика составления расписания в образовательном учреждении.- Изд. 3-е испр. и доп. – М.: АРКТИ, 2001. – 112 с. 2. *Гусаков В.П., Шнак А.В.* Автоматизированная система поддержки принятия решений распределения аудиторного фонда вуза //Материалы конф. "Информационные технологии в образовании" ("ИТО-2004").-М.:ИТО, 2004 3. *Рубина Т.Б.* Применение метода замещений для решения задачи составления расписания учебных занятий. Сборник трудов IX Международной конференции-выставке "Информационные технологии в образовании" ("ИТО-99").-М.:ИТО, 1999. 4. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений// Проблемы управления №1, 2003 С.13 – 27. 5. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.* Алгоритмы: построение и анализ/ Пер. с англ. под ред. А.Шеня.-М.:МЦНМО, 2002.- 960 с. 6. *Джонс М.Т.* Программирование искусственного интеллекта в приложениях; - М.: ДМК Пресс, 2004. - 312 с. 7. *Сироджа И.Б.* Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. К.: Изд-во Наукова думка, 2002.- 328 с. 8. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.:Питер, 2001.- 384 с.

Поступила в редколлегию 20.10.05

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Любчик Л. М., Мирошниченко А. А.</b> Мониторинг динамических процессов на основе сингулярно-спектрального анализа.....	3
<b>Вартанян В. М., Романенков Ю. А., Кононенко А. В.</b> Параметрический синтез прогнозной модели экспоненциального сглаживания.....	9
<b>Куценко А. С., Никитина Т. Б.</b> Уточнение параметров нелинейных оптимальных регуляторов каналов многоканальных систем при последовательном синтезе.....	17
<b>Раскин Л. Г., Пустовойтов П. Е., Эль Саед Абделаал Эль Саед Мохамед.</b> Оценка эффективности компьютерной сети с потоком групповых заявок и неограниченной очередью.....	26
<b>Раскин Л. Г., Серая О. В.</b> Марковские модели СМО с немарковским входящим потоком.....	31
<b>Голоскоков А. Е., Рудницкий А. В.</b> Разработка математического и программного обеспечения интеллектуальной системы управления технологическим процессом горячей прокатки пакетов металлических пластин.....	37
<b>Куценко А. С., Конохов С.В.</b> Параметрический синтез системы управления малым производственным предприятием.....	43
<b>Куценко А. С., Лю Чан Занг.</b> Некоторые подходы к проблеме управления квазистатическими технологическими процессами.....	49